

## Zelfregulering bij natuurkunde voor het voorgezet onderwijs

Het natuurkundecurriculum speelt in op de natuurlijke nieuwsgierigheid van jongeren naar het hoe en waarom. Vanuit fascinatie en verwondering over structuren, verschijnselen en processen in de wereld om ons heen ontstaat de motivatie om een probleemstelling te onderzoeken en te doorgronden. Verwondering wordt gevolgd door begrip. Verifieerbare voorspellingen vormen het ultieme doel van de natuurkunde. Naast wetenschappelijke interesse kan ook maatschappelijke relevantie voor leerlingen de reden zijn om zich te verdiepen in de natuurkunde. Het onderzoek in de natuurkunde kan een sleutelrol spelen bij het oplossen van belangrijke vragen, die gerelateerd zijn aan actuele maatschappelijke problemen. De natuurkunde vormt de basis voor technologische innovatie en ontdekkingen. Andersom vormen de onderzoeksvragen uit de natuurkunde uitdagende problemen voor de technologie. Veel natuurkundige kennis kan worden ontwikkeld in de context van een ontwerp taak. Het maken van ontwerpen vormt voor veel jongeren een drijfveer die kan concurreren met de nieuwsgierigheid naar hoe de natuur in elkaar zit. Ook van die drijfveer kan bij natuurkunde in het voorgezet onderwijs goed gebruik worden gemaakt. Leren langs de weg van het maken van ontwerpen kan bovendien bijdragen leveren aan inzicht in de natuurkunde zelf.

*Zelfregulering houdt in: zelfstandig handelen en daarvoor verantwoordelijkheid nemen in de context van een bepaalde situatie/omgeving, rekening houdend met de eigen capaciteiten. Het gaat om het heft in handen nemen en niet klakkeloos aanwijzingen of voorschriften volgen. Daarvoor is het nodig zicht te hebben op de eigen doelen, motieven en capaciteiten.*

Vertaald naar het vak natuurkunde betekent dit, dat leerlingen streven naar het (uiteindelijk) zelfstandig en (zelf)bewust inzetten en toepassen van hun natuurkundige kennis en inzicht en van de geleerde natuurkundige denk- en werkwijzen. Een leerling kan zich dan zelfstandig oriënteren op een natuurkundige vraag of een natuurkundig probleem, met gebruikmaking van de juiste natuurkundige (voor)kennis en verworven inzichten; de juiste doelen stellen; de betreffende (ontwerp)opdracht, het practicum of onderzoek uitvoeren (in de daarvoor beschikbare tijd) en hierop reflecteren (zowel op de stappen die hij gezet heeft als op het uiteindelijke resultaat).

Door zelfregulering te oefenen in de les bij de uitvoering van natuurkundige opdrachten wordt de leerling zich bewust van het feit dat hij zelf aan zet is en van wat hij zelf al wel of niet beheerst als het gaat om natuurkundige kennis en vaardigheden.

### Wat maakt deze lesvoorbeelden tot lesvoorbeelden voor zelfregulering?

Van belang is dat de lesvoorbeelden in de vorm van opdrachten het in zich hebben om de leerlingen zelf het heft in handen te laten nemen en dat zij hun natuurkundige kennis, inzicht en vaardigheden kunnen inzetten en etaleren. In principe gaat het dan om min of meer open opdrachten, die de leerlingen de mogelijkheid bieden om zelfstandig te oriënteren, doelen te stellen, te plannen, uit te voeren en zichzelf te beoordelen (ten aanzien van de uitvoering en het resultaat).

De twee hieronder beschreven opdrachten geven daar op een verschillende wijze invulling aan. De eerste opdracht is open geformuleerd en biedt leerlingen de gelegenheid om eigen keuzes te maken en daarop te reflecteren. De tweede opdracht is minder open, maar komt qua vorm overeen met opdrachten, die vaak in het natuurkunde-onderwijs voorkomen. En ook dan kunnen/moeten leerlingen zelfregulerende vaardigheden toepassen. De opdrachten kunnen in principe zonder (al te veel) toelichting of inleiding aan de leerlingen verstrekt worden. Op onderdelen en naar eigen inzicht kan de docent enigszins sturen of begeleiden. Nadrukkelijk wordt de leerling uitgenodigd om zich bewust te zijn van de stappen die hij zet en na te gaan hoe tevreden hij is met het resultaat en de weg daarnaartoe.



## Autarkisch huis

### Voor de leerling:

#### Ontwerp een energiedroomhuis

Het energieverbruik loopt steeds verder op. Hoe lang kan dat nog doorgaan? Hoe lang hebben we genoeg energie voor iedereen? We gaan al wel zuiniger met energie om, maar we zijn er nog lang niet. We kunnen nog veel meer besparen op het verbruik.

#### Situatie

Je kunt een groot stuk grond kopen in de buurt van jouw stad of dorp, met een stukje bos. Er mag op gebouwd worden, maar het probleem is dat er geen voorzieningen zijn. Er kan geen riolering, kabel, elektriciteitsaansluiting en waterleiding aangelegd worden.

Je vindt dat eigenlijk geen probleem, maar eerder een uitdaging! Je wil er dolgraag gaan wonen, maar het mag geen kamperen worden! Dat betekent dat je voor de uitdaging staat een zogenaamd 'zelfvoorzienend huis' te ontwerpen. Zo'n huis heeft geen aansluitingen voor gas, water, elektriciteit en riolering nodig. Zo'n huis wordt ook wel een 'autarkisch huis' genoemd. Je staat nu voor de vraag: Is het bouwen van een autarkisch huis eigenlijk wel haalbaar is? Daar ga je werkende weg proberen achter te komen.

#### Opdracht

Ontwerp een autarkisch huis.

Oriënteren	Zelfcontrole
<p>Lees met je groepje de situatie goed door. Wijs een voorzitter, een tijdbewaker en een notulist aan.</p> <p>Oriënteer je op internet op het ontwerpen van een autarkisch huis. Gebruik als trefwoorden bijvoorbeeld autarkisch wonen, nulwoning, duurzaam leven en dergelijke. Kijk ook op de site <a href="http://www.nulwoning.nl">http://www.nulwoning.nl</a>. Daar lees je hoe een inwoner van Groenlo een energieneutraal huis bouwt (het wekt evenveel energie op als het nodig heeft). Het huis zal waarschijnlijk zelfs meer energie opwekken dan het nodig heeft!</p> <p>Schakel ook andere hulplijnen in om zo goed mogelijk tot een inventarisatie van alle ontwerp-mogelijkheden te komen.</p>	<p>Ben ik tevreden over deze fase van oriëntatie en verkenning?</p> <p>Wat ontbreekt eventueel nog? En hoe kan ik het nog verbeteren? Heb ik alles wat ik te weten ben gekomen overzichtelijk opgeschreven?</p> <p>Heb ik op een goede manier en op het juiste moment hulplijnen ingeroepen?</p>



### Doelen stellen

Heb je enig idee wat het uitvoeren van deze opdracht jou gaat opleveren?

Beschrijf op hoofdpunten voor jezelf wat je wilt bereiken met deze opdracht. Verwerk hierin de onderwerpen die bij het oriënteren op de opdracht (het vooronderzoek) naar voren zijn gekomen.

### Strategisch plannen

En dan nu: hoe ga je het aanpakken? Welke activiteiten moeten allemaal ondernomen worden om te komen tot een weloverwogen plan voor een ontwerp van een autarkisch huis?

Denk hierover na. Bedenk aan welke eisen moet worden voldaan om het huis uit te rusten met de benodigde voorzieningen. Zet dat op een rijtje, samen met een handige planning, de nog te verkrijgen kennis en vaardigheden en alle benodigdheden. Hanteer daarbij de ontwerpcyclus als leidraad.



Schakel eventueel hulplijnen in als je er niet helemaal uitkomt. Overigens kun je altijd sparren met een medeleerling, maar dat had je waarschijnlijk al begrepen. Als je alles goed voorbereid hebt, kun je alle activiteiten gaan uitvoeren. Doe dat nadat je een GO hebt gekregen van je docent/begeleider.

### Zelfbeoordeling

Ga na of het ontwerp voor jouw autarkisch huis voldoet aan de eisen en de verwachtingen die je vooraf hebt gesteld. Beschrijf waar je tevreden over bent en waar over minder of niet. Neem in je beoordeling ook mee hoe de reacties zijn van anderen. Maak een opsomming van de dingen die je bij deze opdracht hebt geleerd. Wat heb je jezelf geleerd en wat van anderen (bijvoorbeeld van je medeleerlingen of de hulplijnen die je hebt ingezet)? Wat zou je een volgende keer anders doen?

De doelen schrijf ik zo op dat ik later gemakkelijk kan controleren of deze zijn bereikt. Vraag feedback van docent of van een medeleerling bij het opstellen ervan.

Weet ik van de gekozen oplossingen voldoende of moet ik een eerst nog meer weten over de mogelijke oplossingen? Voldoen de gevonden oplossingen aan de gestelde eisen?

Heb ik alle werkzaamheden/activiteiten goed in beeld en staan ze in de goede volgorde? Past het allemaal bij wat ik wil bereiken /realiseren? Kan/moet dat beter? Klopt de planning qua volgorde en qua tijd? Heb ik alles wat ik nodig heb ook bij de hand? En ben ik nog wel bij iemand anders te rade gegaan (als dat nodig was)?

Heb ik de juiste berekeningen gemaakt? Kan ik nu een antwoord geven op de vraag of het haalbaar is om een autarkisch huis te bouwen?

Ben ik tevreden met het resultaat? Waarom wel en waarom niet? Wat kan ik toeschrijven aan mezelf en welke factoren hebben verder een rol gespeeld?



## Voor de docent

<b>Vak</b>	Natuurkunde
<b>Schooltype / afdeling</b>	onderbouw havo-vwo
<b>Leerjaar</b>	leerjaar 3
<b>Tijdsinvestering</b>	3 lessen
<b>Onderwerp</b>	Energie en duurzaamheid

### 1. Inleiding

Met zon- en windenergie binnen handbereik waren de mogelijkheden nog nooit zo groot als vandaag om onafhankelijk te zijn van energie. Er zijn mogelijkheden om je eigen windmolen te bouwen, het dak vol te leggen met zonnepanelen en te zorgen voor een volledig geïsoleerd huis. Van oudsher wordt al gebruik gemaakt van hemelwater en grondwater, dus de watervoorziening kan ook geregeld worden. In deze opdracht worden de leerlingen uitgedaagd om een zelfvoorzienende woning te ontwerpen en om daarvan een model te maken. Zij moeten ontdekken met welke factoren rekening gehouden moet worden. Vragen als: Is de plaats en de hoeveelheid beschikbare ruimte van belang? Hoe kan kou het beste buiten worden gehouden en warmte binnen? Met welk rendement kan groene energie omgezet worden in warmte en elektriciteit? Hoe kan dat berekend worden? Dat zijn vragen waarop zij in deze opdracht een antwoord proberen te vinden.

### 2. Opdracht

In deze ontwerp-opdracht wordt leerlingen gevraagd om op basis van een analyse een creatieve oplossing te vinden voor een probleem, daarvoor een ontwerp te maken en dit te presenteren in de vorm van een model. Ook wordt de leerlingen gevraagd om een uitspraak te doen over de wenselijkheid en haalbaarheid van de geboden oplossing.

De opdracht gaat over het ontwerpen van een zelfvoorzienend huis, een autarkisch huis. Dit houdt in dat de woning op geen enkel stroom-, gas-, of waternetwerk wordt aangesloten. Door het toepassen van duurzame technieken moet het woonhuis zeer energiezuinig worden. Te denken valt aan zonnecollectoren en een warmtepomp voor de warmwatervoorziening en zonnepanelen voor de elektriciteit, volledige isolatie van muren en dak, water van regen- en putwater. De zelfvoorzienende woning moet voldoende energie opwekken voor het eigen gebruik. Maar is het op dit moment al mogelijk een volledig zelfvoorzienend huis te bouwen of blijft er een zekere afhankelijkheid van nutsvoorzieningen aanwezig?

De leerlingen volgen de ontwerpcyclus en vragen zich geregeld af of zij op de goede weg zijn. De volgende activiteiten zijn bedoeld als richtlijn voor de begeleiding door de docent:

- Bedenken welke functionele eisen aan het ontwerp gesteld moeten worden.
- Brainstormen over mogelijke oplossingen voor de vier onderdelen: elektriciteitsvoorziening, de verwarming, de schoon- en vuilwatervoorziening en het gft-afval.
- Maken van een ideeëntabel. Dit overzicht geeft inzicht in verbanden tussen de verschillende ideeën.
- Bespreken met elkaar welke voorkennis er al is en welke kennis gezocht moet worden
- Maken van een ontwerpvoorstel met detailtekeningen en noteren van mogelijke knelpunten.
- Bespreken van uitwerkingen met een deskundige (docent).
- Go/no go op afgesproken momenten
- Maken van een model van een autarkisch huis. Alle vier de onderdelen moeten zichtbaar zijn in het model



- Voorbeeldberekening van de grootheden die hierbij een rol spelen, met voorbeelden/berekeningen van rendabel zijn van de gekozen oplossingen.
- Discussiëren over de keuze voor het model: mogelijkheden zijn (3D-)tekeningen op papier of digitaal, maquette, pc-animatie of een combinatie daarvan.
- Presentatie door leerlingen, met daarin de gekozen voorzieningen en materialen en berekeningen in hoeverre het huis energieneutraal en duurzaam is. Richttijd 10 minuten presenteren en 5 minuten tijd om vragen te stellen.
- De haalbaarheid/wenselijkheid van een autarkisch huis per groep bespreken.

Voor leerlingen is het interessant als een deskundige op het gebied van bouwen en milieu de presentaties gaat beoordelen.

### 3. Antwoordmodel

Het meest duurzaam is als door middel van zonne-energie of windenergie en goede isolatie de woning kan worden voorzien van warmte en elektriciteit.

Van leerlingen wordt gevraagd om de haalbaarheid aan te tonen van het bouwen van een autarkisch huis. Dat kunnen zij doen door oplossingen te bieden en te beargumenteren waarom voor deze oplossingen is gekozen.

Zij beantwoorden daarmee vragen als:

Waarom deze:

- watervoorziening?
- warmtebron en warmtetoestel?
- elektriciteitsvoorziening
- isolatiematerialen?
- .....?

Vervolgens geven zij per onderdeel weer welke afwegingen er zijn gemaakt en waarom zij voor welke oplossingen hebben gekozen. Hieronder staan een aantal voorbeelden van mogelijke uitwerkingen. De uitwerkingen van de leerlingen zullen anders zijn, maar van belang is dat per onderdeel de afwegingen duidelijk zijn.



## Watervoorziening

Mogelijkheden zijn:

- grondwater

*Als leerlingen kiezen voor grondwater, dan spelen de volgende overwegingen een rol:*

Kwantiteit:

Doorgaans is er voldoende grondwater aanwezig. De diepte waar zich het grondwater bevindt, verschilt per geografische locatie.

Kwaliteit:

Er is nooit zekerheid of het grondwater zuiver genoeg is om als drinkwater gebruikt te worden. Wel kan het water gebruikt worden als *grijs* water door het op te nemen in een apart watercircuit voor toiletspoeling, woningonderhoud en de wasmachine.

- regenwater

*Als leerlingen kiezen voor regenwater, dan spelen onderstaande overwegingen een rol:*

Kwantiteit: Kun je voldoende regenwater opvangen?

Voorbeeldaanpak:

het aanbod = regenhoeveelheid \* dakoppervlakte

Voor de geografische locatie kan de jaarlijkse regenhoeveelheid opgezocht worden.

Weegt dit aanbod op tegen het actuele watergebruik per jaar van het gezin?

Het gemiddelde watergebruik voor een gezin kan opgezocht worden en vervolgens vergeleken worden met het aanbod. Kan worden volstaan met regenwater?

Kwaliteit:

Hoe kun je het regenwater drinkbaar maken?

Regenwater is het beste water als men het op de juiste wijze opvangt en zuivert:

- een goed voorfilter om vervuiling van de tank te voorkomen
- een betonnen tank in de grond om verzuring en algen te voorkomen
- een nazuivering met een actief koolfilter.

Conclusie voor de haalbaarheid van een autonome watervoorziening kan zo iets zijn als:

Indien men een betrouwbare en comfortabele watervoorziening wil, kan regenwater in deze streken gebruikt worden, maar is een bijvulstelsel met grondwater aan te raden.

## Verwarming

- zonneboiler

Voor een deel kan een zonneboiler zorgdragen voor de verwarming van het huis en van het drinkwater. De opbrengst van een zonneboiler kan berekend worden.

Zie bijvoorbeeld: <http://www.milieucentraal.nl/thema's/thema-1/energie-besparen/>, en dan navigeren naar zonneboiler.

- pelletkachel

Voor het andere deel kan gebruik worden gemaakt van biomassa als brandstof, bijvoorbeeld in de vorm van pellets, die als brandstof dienen voor een hydraulische pelletkachel.

Zie: <http://www.duurzaamthuis.nl/energie/verwarming/pelletkachel>

Conclusie kan zijn dat een combi-boiler, die warmte levert door maximaal zonne-energie te benutten en ook kan werken met biomassa als brandstof, het verwarmen van het huis haalbaar maakt.

## Elektriciteit

- zonnecellen

In de zomer kunnen zonnecellen zorgen voor meer dan voldoende elektriciteit. In de meeste gevallen zou zelfs elektriciteit kunnen worden gegeven aan het elektriciteitsnet. Tot op heden is het nog niet zo goed mogelijk om elektriciteit op te slaan, hoewel de ontwikkelingen op dit gebied erg snel gaan. Berekend kan worden hoeveel elektriciteit er nodig is en hoeveel er opgewekt kan worden.

Zie ook <http://www.eco-housing.be/nieuwsbrief8.pdf>

- windmolen

Is mogelijk, maar is wel afhankelijk van geografische plaats en ruimte. De opbrengst kan berekend worden.

Zie bijvoorbeeld: <http://houhetwarm.nl/laatste-nieuws-kleine-windmolen/>



Conclusie kan zijn dat een combinatie van zonnecellen, windmolen en accu's als opslag net niet voldoende oplevert om te voldoen aan de elektriciteitsvraag op elk moment van het jaar. Zonnepanelen zijn vanuit een praktisch oogpunt meestal een betere keuze dan een windmolen. Voor windenergie kan men beter deelnemen aan een windmolenpark(je) in de buurt.

Zie ook:

<http://www.milieucentraal.nl/themas/bronnen-van-energie/duurzame-energiebronnen/windenergie/kleine-windmolens>

### Isolatie

- muren en dak volledig isoleren

Zie voor mogelijke natuurlijke materialen en vormen van isolatie <http://www.duurzaamthuis.nl>, en dan navigeren naar duurzaam wonen. De isolatiewaarden van materialen en manieren van isoleren kunnen berekend worden. Isoleren betekent ook goed ventileren!

- driedubbel of drievoudige glazen ramen

In nieuwbouw is het op weg de norm te worden. Belangrijk om te weten is dus dat de investering in driedubbel glas pas loont als de rest van het huis ook energiezuinig is ingericht. De isolatiewinst ten opzicht van dubbelglas kan berekend worden.

Conclusie is dat goed isoleren een grote bijdrage levert aan het in stand houden van een autarkische woning, maar daarbij moet er altijd een goed ventilatiesysteem geïnstalleerd zijn.

Tot slot geven leerlingen hun mening over de haalbaarheid en wenselijkheid van autarkische huizen. Zij geven aan welke afwegingen bij hun meningsvorming een belangrijke rol spelen, besteden aandacht aan het rendements- en duurzaamheidsvraagstuk en spreken zich uit over de vraag in hoeverre de overheid, eventueel in samenwerking met het bedrijfsleven, een rol moet spelen bij de verdere ontwikkeling van zelfvoorzienende huizen en in hoeverre daarbij de gedachte aan een duurzame toekomst betrokken moet worden.

Bron: Heel veel informatie is te vinden in de nieuwsbrieven van 'Het autonome huis',

<http://www.hetautonomiehuis.be/>



# De steilste weg van Oost Nijmegen

## Voor de leerling

*Ik fiets de Beekmansdalse weg regelmatig op als ik uit de Ooijpolder of de Duffelt kom. Ik 'neem' de klim meestal in dezelfde versnelling - ik schakel dus niet - en staand op de pedalen: 400 meter is kort genoeg daarvoor. De 4 x 100 meter van de "Grote Kop" zoals deze heuvel ook wel heet, is als volgt opgebouwd: 11%, 8%, 8% en 13% stijging. Dat laatste stukje is meteen de steilste 100 meter van heel het Rijk van Nijmegen. De snelste geregistreerde tijd op de hele weg is 48 seconden van een zekere Rick Meurders (70 kg met fiets) uit Nijmegen: ik hoop maar dat deze Rick 20 jaar jonger en 10 kilo lichter is dan ik, dan heb ik een goed excuus. Mijn snelste tijd is namelijk 'slechts' 58 seconden, een gemiddelde van 25 kilometer per uur. Met die tijd zou ik net buiten de huidige top-20 vallen van de 4800 mannen en vrouwen die hun record geregistreerd hebben via de website Strava. (Waarbij ik eerlijkheidshalve moet vermelden dat ik 25 was, toen ik zó hard naar boven vloog...)*

### Opdracht

1. Bereken hoeveel **energie** je extra moet leveren als **jij** de klim zou nemen.
2. Bereken het extra **vermogen** dat Rick Meurders heeft moeten leveren bij zijn recordrit.
3. Welke **factoren** spelen een belangrijke rol bij het beklimmen van heuvels met de fiets?



<p><b>Oriënteren</b> Lees de situatie goed door. Bedenk welke grootheden bij dit probleem een rol spelen</p>	<p><b>Zelfcontrole</b> Ben ik tevreden over deze fase van oriëntatie en verkenning Wat ontbreekt eventueel nog? Heb ik alles wat ik te weten ben gekomen overzichtelijk opgeschreven?</p>
<p><b>Doelen stellen</b> Heb je enig idee wat het uitvoeren van deze opdracht jou gaat opleveren?</p>	<p>Heb ik het doel zo opgeschreven dat ik deze later gemakkelijk kan controleren ?</p>
<p><b>Strategisch plannen</b> En dan nu: hoe ga je het aanpakken? Welke stappen moeten worden genomen om te komen tot de juiste antwoorden? Denk hierover na. Bedenk welke procedure je moet volgen om tot het juiste antwoord te komen. Schrijf de gehele procedure overzichtelijk op. Schrijf duidelijk op hoe je met welke berekeningen en redeneringen tot de antwoorden wil komen. Schakel eventueel hulplijnen in als je er niet helemaal uitkomt. Overigens kun je altijd sparren met een medeleerling, maar dat had je waarschijnlijk al begrepen.</p>	<p>Weet ik van de gekozen strategie van oplossen voldoende of moet ik een eerst nog meer weten? Heb ik de juiste procedure gevolgd? Heb ik de juiste berekeningen gemaakt? Heb ik de juiste grootheden met bijbehorende eenheden gebruikt? Ben ik nog bij iemand anders te rade gegaan (als dat nodig was)?</p>
<p><b>Zelfbeoordeling</b> Beschrijf waar je tevreden over bent en waarover minder of misschien helemaal niet. Maak een opsomming van de dingen die je bij deze opdracht hebt geleerd. Wat heb je jezelf geleerd en wat heb je van anderen geleerd (bijvoorbeeld van je medeleerlingen of de hulplijnen die je hebt ingezet)? Wat zou je een volgende keer anders doen?</p>	<p>Ben ik tevreden met het resultaat? Waarom wel en waarom niet? Wat kan ik toeschrijven aan mezelf en welke factoren hebben verder een rol gespeeld?</p>





## Voor de docent

<b>Vak</b>	Natuurkunde
<b>Schooltype / afdeling</b>	onderbouw havo-vwo
<b>Leerjaar</b>	leerjaar 3
<b>Tijdsinvestering</b>	½ les
<b>Onderwerp</b>	Energie

### 1. Inleiding

Dit is een eenvoudig voorbeeld van hoe leerlingen bij natuurkunde geregeld opgaven moeten maken ter verwerking van de lesstof.

### 2. Opdracht

De opdracht is om met behulp van de juiste redenering en formules tot het juiste antwoord te komen. Hierbij wordt de leerling verder niet geholpen. Met eerder opgedane kennis moet hij/zij tot een goed antwoord kunnen komen. Toch kan het zijn dat hij om hulp vraagt.....

Hoe tot een antwoord te komen, is aan de leerling. Hij moet zich afvragen of hij voldoende kennis heeft om het probleem op te lossen. Zo niet, welke kennis is dan nodig en waar kan deze gevonden worden. Is de procedure (redenering) de juiste? Wordt de juiste formule gebruikt en wordt deze op de juiste manier toegepast? Is de uitkomst juist, klopt bijvoorbeeld de orde van grootte? Zijn de juiste grootheden en bijbehorende eenheden gebruikt?

### 3. Antwoordmodel

11% stijging betekent dat de weg stijgt met 11 m als je in horizontale richting 100 m aflegt. In totaal stijgt de weg dan met  $11 \text{ m} + 8 \text{ m} + 8 \text{ m} + 13 \text{ m} = 40 \text{ m}$

#### De potentiële energie neemt toe met:

$$E_{pot,extra} = mgh = 60 \cdot 9,81 \cdot 40 = 2,4 \cdot 10^4 \text{ J}$$

waarin:

$m = 60 \text{ kg}$  (vervangen door massa van de leerling!)

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$h = 40 \text{ m}$

#### Extra vermogen Rick Meurders

$$P_{extra} = \frac{E_{pot,extra}}{t} = \frac{70 \cdot 9,81 \cdot 40}{48} = 5,7 \cdot 10^2 \text{ W}$$

Waarin:

$m = 70$

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$h = 40 \text{ m}$

$t = 48 \text{ s}$

#### De belangrijkste factoren/grootheden die een belangrijke rol spelen bij het beklimmen zijn:

- de massa van de persoon en de massa van de fiets;
- de hoogte die uiteindelijk bereikt wordt;
- de steilte van de heuvel;
- de af te leggen afstand;
- de luchtweerstand (deze factor wordt meestal niet meegenomen bij dit soort opgaven).

